

استفاده از فناوری سنجش از دور در تخمین و ارزیابی کارایی آب کشاورزی در دشت

ورامین

مریم عمادزاده^۱، فاطمه گلپایگانی^۱، فائزه خاکبازان^۱، مسعود تجربی^۲

۱- کارشناس ارشد منابع آب دفتر مطالعات آب و محیط زیست دانشگاه صنعتی شریف

۲- دانشیار دانشکده عمران دانشگاه صنعتی شریف

emadzadem@gmail.com

چکیده

با توجه به رشد سریع جمعیت و افزایش رقابت بین بخش کشاورزی با بخش‌های صنعت و شرب، در آینده آب کمتری برای تولیدات کشاورزی در دسترس خواهد بود. بنابراین لازم است برای غلبه بر این چالش از آب موجود به صورت بهینه بهره‌برداری شود. این مسئله به خصوص در پایین دست سدها که آب با هزینه بالا در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌گیرد حائز اهمیت است. بدین منظور لازم است در بخش کشاورزی میزان تولید محصولات به ازای مترمکعب آب مصرفی، (کارایی آب) افزایش یابد. با استفاده از فناوری سنجش از دور می‌توان توزیع مکانی کارایی در یک منطقه وسیع را تخمین زد. در این مقاله با استفاده از الگوریتم *SUTSEBAL* (که با بومی کردن روابط تعریف شده در الگوریتم *SEBAL* در دفتر مطالعات آب و محیط زیست دانشگاه صنعتی شریف توسعه داده شده) تبخیر تعرق و عملکرد محصول و در نهایت کارایی آب در محدوده دشت ورامین محاسبه می‌شود. بنابراین با دسترسی به لایه توزیع مکانی کارایی می‌توان به ارزیابی چگونگی بهره‌برداری از آب موجود در دشت ورامین پرداخت. در انتها نیز جهت به دست آوردن تخمینی از وضعیت کارایی در منطقه، مقدار کارایی غلات در این سیستم با کارایی غلات در سیستم‌های زراعی سایر نقاط دنیا مقایسه شده است. نتایج این مقایسه نشان می‌دهد میانگین کارایی آب مصرف شده در دشت ورامین جهت کشت غلات بسیار پایین بوده و مقایسه آن با میزان کارایی در سایر سیستم‌های زراعی نشان می‌دهد که میزان کارایی در این دشت از پتانسیل بالایی جهت بهبود برخوردار است.

کلمات کلیدی: تصاویر ماهواره‌ای، الگوریتم *SUTSEBAL*، کارایی آب، دشت ورامین



مقدمه

با توجه به رشد سریع جمعیت، فشار بر منابع آب در حال افزایش است (Rijsberman, 2006). همچنین با توجه به افزایش رقابت بین بخش کشاورزی با بخش‌های صنعت و شرب، در آینده آب کمتری برای تولیدات کشاورزی در دسترس خواهد بود. بنابراین بدیهی است که لازم است برای غلبه بر این چالش، میزان تولید محصولات به ازای مترمکعب آب مصرفی (کارایی آب) افزایش یابد (Kinjne et al., 2003; Molden et al., 2007). اطلاعات مکانی از چگونگی مصرف آب می‌تواند نقش ارزنده‌ای برای مدیران آب در ارزیابی مکان‌های هدررفت آب در منطقه مورد نظر ایفا کند. در حال حاضر، اطلاعات پیرامون کارایی آب عمدتاً از بررسی‌های میدانی و از مزارع به صورت نقطه‌ای جمع‌آوری می‌شود. بنابراین این گونه اطلاعات می‌تواند به صورت محلی مورد استفاده قرار گیرد زیرا آمارها و اندازه‌گیری‌های انجام شده مربوط به نوع خاک و تاریخ معین و مدیریت آبیاری مشخصی است. این در حالی است که استفاده از فناوری سنسجس از دور می‌تواند در تخمین توزیع مکانی کارایی در یک منطقه وسیع نقش مهمی را ایفا نماید.

الگوریتم بیان انرژی^۱ (Bastiaanssen et al., 2005) یک مدل سنسجس از دور است که می‌تواند جهت تخمین مولفه‌های بیان انرژی و در نهایت تخمین تبخیرتغرق (ET) به کار رود. این مدل گسترش یافته و تخمین‌هایی نیز از عملکرد محصولات تولید شده و در نهایت کارایی آب به دست می‌دهد. الگوریتم SUTSEBAL با بومی کردن روابط تعریف شده در الگوریتم SEBAL در دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی عمران توسعه داده شده و در هامون‌های سیستان و زیرحوزه قره سو توسط دفتر مطالعات آب و محیط زیست به کار گرفته شده و نتایج مناسبی را در برداشته است (دانشکار آراسته، ۱۳۸۳).

در این مقاله هدف، استفاده از فناوری سنسجس از دور به عنوان یک ابزار قوی جهت تعیین کارایی آب مصرفی در دشت ورامین جهت ارزیابی وضعیت بهره‌برداری از آب کشاورزی موجود است. در انتها نیز جهت به دست آوردن تخمینی از وضعیت کارایی آب در منطقه، مقدار کارایی غلات در این سیستم با کارایی غلات در سیستم‌های زراعی سایر نقاط دنیا مقایسه شده است.

داده‌ها و روش‌ها

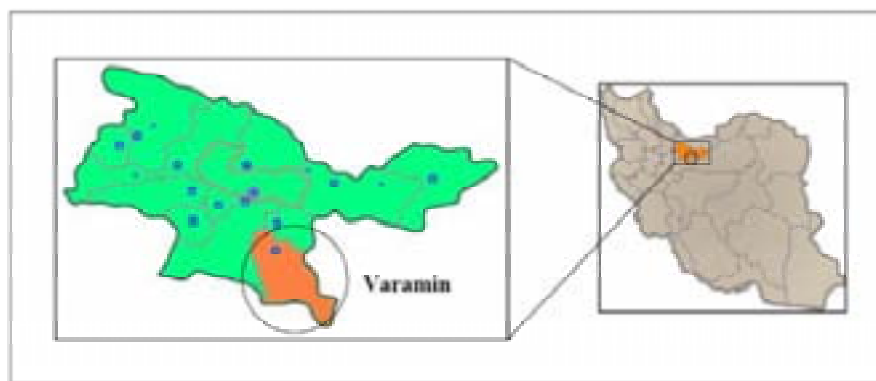
منطقه مورد مطالعه

شهرستان ورامین در فاصله ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی تهران و در دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی بین عرض‌های جغرافیایی ۳۵ و ۳۵٫۵ و طول‌های جغرافیایی ۵۱٫۳ و ۵۲ واقع شده است (شکل ۱). دشت ورامین از طرف شرق به دشت ایوانکی و از غرب به منطقه غار فشاپویه و از سمت جنوب به تپه ماهورها محدود است. مساحت این دشت تقریباً ۱۲۰۰ کیلومتر مربع بوده که به علت بیرون‌زدگی و فرورفتگی موجود، دشت مورد مطالعه دارای ارتفاعات متغیر با متوسط ۹۵۰ متر نسبت به سطح دریا است. این ناحیه در زمستان سرد و تابستان گرم و خشک با خصوصیات آب و هوای کویری است. میزان بارندگی متوسط چهل ساله (۱۳۸۶-۱۳۴۶) دشت در ایستگاه جواد آباد ورامین ۱۳۱ میلیمتر ثبت شده است.

1. SEBAL



این شهرستان دارای قدمت کشاورزی است که به علت نزدیکی تهران می توان گفت یک بازوی تامین کننده محصولات کشاورزی در طول سالها نه فقط برای تهران بلکه سایر نقاط کشور نیز بوده است. منطقه مورد بحث جلگه ای است که از پتانسیل های آبی و خاکی بسیار خوبی برخوردار و مستعد کشاورزی بوده و است. مساحت اراضی قابل کشت و سطح زیر کشت خالص دشت ورامین به ترتیب برابر ۷۵۶۸۰ و ۴۸۷۹۰ هکتار گزارش شده است (مطالعات آب های زیرزمینی دشت ورامین، ۱۳۷۷). بر اساس آمار موجود از سال ۱۳۸۱ - ۱۳۸۰، گندم و جو به تنهایی تقریباً نود درصد از سطح زیر کشت پاییزه را تشکیل می دهند. منابع آب زیرزمینی دشت ورامین از یک سفره آزاد آب زیرزمینی که در زیر دشت گسترده شده تشکیل شده است. منابع آب سطحی نیز شامل رودخانه های جاجرود و شور است که ۴۰ درصد سهم آب مصرفی در بخش کشاورزی را تامین می کند.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

متدولوژی

مقدار انرژی که در یک مکان، فصل و زمان معینی از طرف خورشید به سطح معینی از زمین (مزرعه) می رسد مشخص و قابل محاسبه است. از طرفی مقدار آبی که با این مقدار انرژی می تواند تغییر حالت دهد نیز مشخص است. بنابراین می توان مقدار آبی که از سطح تحت کشت نباتی با استفاده از انرژی نهان بخار و وارد اتمسفر شده (میزان مصرف آب) را محاسبه کرد. انرژی خالص رسیده به سطح زمین علاوه بر گرم کردن زمین و هوای اطراف آن، صرف تعرق گیاه و تبخیر از سطح خاک و برگ گیاهان می شود. این فرآیند فیزیکی پایه الگوریتم SUTSEBAL را تشکیل می دهد. بر این اساس تابش خالص خورشیدی (R_n)، منبع انرژی و H ، G و ET مصرف کنندگان انرژی هستند.

$$\lambda ET = R_n - G - H \quad (1)$$

در این معادله λET گرمای نهان تبخیر و تعرق (انرژی مورد استفاده جهت تبخیر و تعرق)، R_n تشعشع خالص در سطح زمین، G جریان گرمایی زمین و H جریان گرمای محسوس هستند. مولفه R_n با استفاده همزمان از داده های ماهواره ای آلبودی باند گسترده سطح، شاخص های گیاهی و دمای سطح زمین و برخی داده های اندازه گیری شده زمینی مانند دمای هوا تعیین می شود. مقدار G در طی ۲۴ ساعت تقریباً معادل صفر است. H نیز با استفاده از دمای سطح، زبری سطح و سرعت باد محاسبه می شود.



بخشی از انرژی خورشیدی که توسط کلروفیل گیاه جذب می‌شود، در عمل فتوسنتز مؤثر است. لذا می‌توان نرخ رشد محصول را با برآورد میزان انرژی مؤثر در فتوسنتز تخمین زد (Akbari, 2007). نرخ رشد توده زنده گیاهی (BGR^1) را می‌توان به شرح زیر محاسبه کرد:

$$BGR=1.04 \times (11.5741 \times K_{24,day}) fPAR$$

که در آن، $fPAR$ ضریب تشعشع مؤثر در فتوسنتز گیاه، $K_{24,day}$ متوسط تشعشع روزانه خورشیدی در سطح زمین $MJm^{-2}day^{-1}$ و BGR نرخ رشد گیاه ($kg ha^{-1} day^{-1}$) است.

کارایی آب در اراضی تحت کشت، به صورت نسبت مجموع ماده خشک تولیدی ($kg ha^{-1}$) در هر فصل کشت (با رطوبت صفر درصد) به مجموع ارتفاع تبخیر تعرق انجام شده در آن مدت (mm) محاسبه می‌شود (Zwart et al., 2007):

$$WP = \frac{Y_{grain}}{10ET_{seas}} = \frac{HI \times Biomass_{seas}}{10ET_{seas}}$$

Y_{grain} عملکرد ماده خشک تولیدی در هر فصل کشت برحسب kg/ha و ET_{seas} ارتفاع تبخیرتعرق در هر فصل کشت بر حسب mm هستند. Y_{grain} از حاصلضرب عملکرد کل توده زنده گیاهی تولید شده در یک فصل در شاخص درو (HI) که برای هر محصول متفاوت است به دست می‌آید. بازه تغییرات HI گندم ۰,۵۵-۰,۴ است (Ahmad et al., 2007). بر اساس مطالعات انجام شده در سایر مناطق مشابه، در این مطالعه مقدار شاخص دروی گندم ۰,۴ در نظر گرفته می‌شود (Zwart et al., 2007). مقدار ۱۰ در منجر کسر جهت یکسان‌سازی واحدها است.

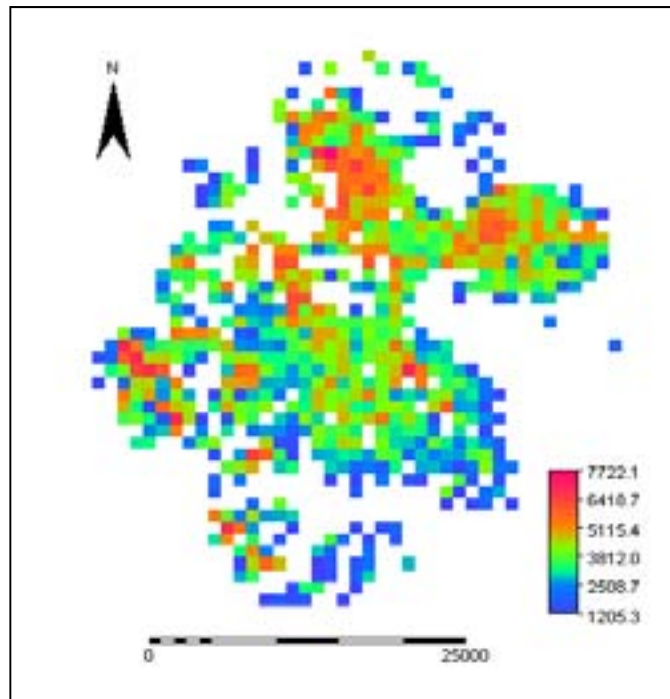
داده‌های مورد استفاده

الگوریتم SUTSEBAL برای پردازش ۱۳ تصویر ماهواره‌ای سنجنده AVHRR در محدوده زمانی فصل کشت پاییزه سال آبی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ (مهر ۸۴ تا خرداد ۸۵) در منطقه زراعی دشت ورامین به کار گرفته شد. تعداد تصاویر مورد استفاده در هر ماه یک تصویر است.

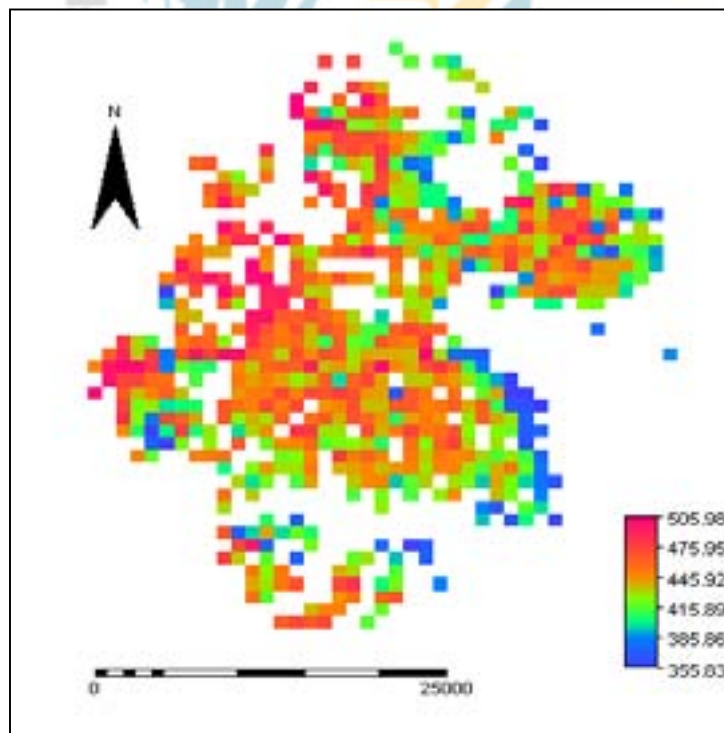
نتایج و تحلیل‌ها

نتایج

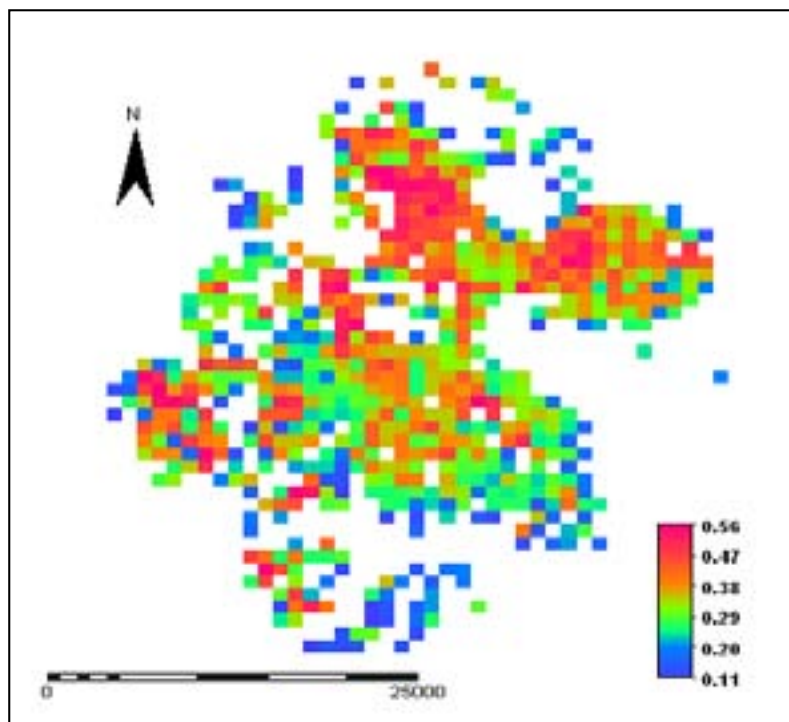
با استفاده از روش شرح داده شده در فوق، لایه‌های توزیع مکانی ET ، $Biomass$ و WP در فصل کشت پاییزه در سال آبی ۸۵-۸۴ در مناطق تحت کشت دشت ورامین مطابق شکل‌های ۲ تا ۴ به دست آمد.



شکل ۲. توزیع مکانی توده زنده گیاهی در فصل کشت پاییزه در سال آبی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در محدوده دشت ورامین



شکل ۳. توزیع مکانی تبخیر و تعرق در فصل کشت پاییزه در سال آبی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در محدوده دشت ورامین



شکل ۴. توزیع مکانی کارایی آب در فصل کشت پاییزه در سال آبی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ در محدوده دشت ورامین

مقادیر حداقل و حداکثر، میانگین و انحراف معیار کارایی فیزیکی آب در محدوده‌های تحت کشت دشت ورامین در فصل کشت پاییزه مطابق جدول ۱ استخراج گردید. میانگین گیری مقادیر کارایی، در محدوده‌های تحت کشت - بدست آمده از مکانهای دارای توده زنده گیاهی بالا- انجام شده است.

جدول ۱. شاخصهای آماری کارایی آب در فصل کشت پاییزه در محدوده‌های تحت کشت ورامین در سال آبی ۱۳۸۵-۱۳۸۴

نتایج	شاخصهای آماری کارایی آب
۰,۳۷	میانگین کارایی
۰,۰۹	انحراف معیار
۰,۲ - ۰,۶۵	بازه تغییرات
۰,۲۴	ضریب تغییرات (انحراف معیار / میانگین)

میانگین کارایی آب به کار رفته در تولید غلات در دشت ورامین، $0,37 \text{ kg/m}^3$ با انحراف معیار $0,1 \text{ kg/m}^3$ است. بازه تغییرات کارایی گندم و جو از $0,2$ تا $0,65$ متغیر است. این مساله نشان می‌دهد که کارایی در مزارع مختلف، متفاوت است. و این بدین معناست که علاوه بر شرایط اقلیمی، خصوصیات فیزیکی خاک در منطقه و شرایط هیدولوژیکی، شرایط مدیریت مزرعه مثل مقدار و زمان آبیاری، کوددهی، وجین کردن، انتخاب نوع بذر، چرخش محصول و غیره نقش مهمی در سطح کارایی به دست آمده ایفا می‌کنند. Lobell و همکاران نیز با توجه به تغییرات مکانی میزان تولید گندم در دره



Yaqui، به این نتیجه رسیدند که تفاوت مدیریت‌ها مهم‌تر از نوع خاک و تغییرات آب و هوایی است (Lobell et al., 2002).

تحلیل وضعیت کارایی در دشت ورامین

جهت به دست آوردن تخمینی از وضعیت کارایی در منطقه دشت ورامین لازم است میزان کارایی در مناطق مختلف جهان با اقلیم نسبتاً مشابه نیز مورد بررسی قرار گیرد. اطلاعات کارایی در ۸ سیستم زراعی با کشت گندم در جدول ۲ نشان داده شده است (Zwart et al., 2007).

جدول ۲. مقایسه نتایج شرایط کشت گندم در ۸ سیستم زراعی با نتایج دشت ورامین

ضریب تغییرات WP	ماکزیمم WP	میانگین WP	میانگین عملکرد	میانگین ET (mm)	شاخص درو (HI)	موقعیت
	(kg m-3)					
۰,۰۶	۱,۶۵	۱,۴ (۰,۰۹)	۵,۴ (۰,۴)	۳۵۵ (۲۰)	۰,۳۶	Nile Delta, Egypt
۰,۰۷	۱,۵۳	۱,۴۴ (۰,۱۱)	۵,۷ (۰,۶)	۳۹۵ (۱۹)	۰,۴	Kings County (CA)
۰,۰۵	۱,۵۲	۱,۳۹ (۰,۰۷)	۵,۷ (۰,۶)	۳۷۲ (۳۶)	۰,۴	Oldambt, The Netherlands
۰,۱۲	۱,۶۹	۱,۳۷ (۰,۱۶)	۵,۵ (۰,۹)	۴۰۳ (۳۷)	۰,۳۷	Yaqui Valley, Mexico
۰,۰۵	۱,۳۵	۱,۲۲ (۰,۰۶)	۴,۴ (۰,۳)	۳۶۱ (۱۶)	۰,۳۹	Sirsa, India
۰,۳۳	۱,۲۴	۰,۸۵ (۰,۲۸)	۳,۸ (۱,۴)	۴۳۶ (۳۵)	۰,۴	Linxian County, China
۰,۳۳	۰,۹۳	۰,۶۴ (۰,۲۱)	۲,۵ (۱)	۳۸۰ (۵۰)	۰,۴	Hebei Province, China
۰,۲۲	۰,۷۲	۰,۵۴ (۰,۱۱)	۲,۵ (۰,۸)	۴۶۷ (۸۲)	۰,۳۹	Sindh Province, Pakistan
۰,۲۴	۰,۶۵	۰,۳۷	۱,۶۲ (۰,۴)	۴۴۳ (۳۰)	۰,۴	Varamin, Iran

* مقادیر داخل پرانتز، انحراف معیار را نشان می‌دهند.

همان‌گونه که از جدول ۲ مشخص است، کارایی آب در منطقه ورامین در کشت پاییزه سال ۱۳۸۵-۱۳۸۴، در مقایسه با دیگر مناطق جهان حداقل مقدار را به خود اختصاص داده است. هرچند مقدار تبخیرتغرق در این منطقه بالاست اما مقادیر بالاتر از این مقدار هم در سایر مناطق مشاهده می‌شود. ولی با توجه به میزان حداقلی عملکرد محصول در این منطقه به نظر می‌رسد کارایی پایین در این منطقه عمدتاً ناشی از عملکرد پایین محصولات به علت عدم مدیریت صحیح آب در مزرعه و بهره‌برداری نامطلوب از آب و خاک باشد.



جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در این مقاله سعی شده که توانایی فناوری سنسجش از دور در تخمین کارایی آب در اراضی کشاورزی نشان داده شود. در این راستا در دشت ورامین تبخیرتعرق و توده زنده گیاهی تولید شده در طی یک فصل کشت محاسبه شده و در نهایت لایه توزیع مکانی کارایی آب مصرف شده (مترمکعب آب مصرفی به ازای ماده خشک تولید شده بر حسب kg) در محدوده دشت تهیه شد. از آنجا که این لایه تغییرات کارایی آب را به صورت مکانی در اختیار قرار می‌دهد، می‌تواند برای استفاده مدیران و تصمیم‌گیران مفید واقع شود.

نتایج این بررسی نشانگر آن است که میانگین کارایی آب مصرف شده در دشت ورامین جهت کشت غلات بسیار پایین بوده و مقایسه آن با میزان کارایی در سایر سیستم‌های زراعی نشان می‌دهد که میزان کارایی در این دشت از پتانسیل بالایی جهت بهبود برخوردار است.

مراجع

- [۱] دانشکار آراسته، پ.، (۱۳۸۳). "توسعه یک مدل توزیعی برآورد تبخیر منطقه‌ای با بهره‌گیری از فنون سنسجش از دور (مطالعه موردی دریاچه‌هاومن)", رساله دکترا، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۲] سازمان آب منطقه‌ای تهران، طرح مطالعات آب‌های زیرزمینی و مدل ریاضی کمی و کیفی دشت‌های تهران- ورامین-شهریار، گزارش مدل کمی، مطالعات آب‌های زیرزمینی دشت ورامین (جلد دوم)، تیر ماه ۱۳۷۷.
- [3] **Ahmad, R., Hassan, B., Jabran, K.**, (2007). Improving crop harvest index, <http://DAWN.com>. COSIT, Iraq statistical Department.
- [4] **Akbari, M., et al.**, (2007). Monitoring Irrigation Performance in Esfahan, Iran, Using NOAA Satellite Imagery. *Agricultural Water Management*. Vol. 88., 99-109.
- [5] **Bastiaanssen, W.G.M., Noordman, E.J.M., Pelgrum, H., Davids, G., Allen, R.G.**, 2005. SEBAL for spatially distributed ET under actual management and growing conditions. *J. Irr. Drain. Eng.* 131, 85-93.
- [6] **Kijne, J.W., Barker, R., Molden, D.**, 2003. *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement*. CAB International, Wallingford UK.
- [7] **Lobell, D. B., Ortiz- Monasterio, J.I., Addams, C. L., Asnee, G.P.**, (2002). Soil, climate, and management impacts on regional wheat productivity in Mexico from remote sensing *Agric. For. Meteorol.* 114, 31- 41.
- [8] **Rijsberman, F.R.**, 2006. Water scarcity: fact or fiction? *Agric. Water Manage.* 80, 5-22.
- [9] **Molden, D.J., Oweis, T., Steduto, P., Kijne, J., Hanjra, M., Bindraban, P., Bouman, B.A.M., Cook, S., Erenstein, O., Farnahi, H., Hachum, A., Mahoo, H., Nangia, V., Penden, D., Sikka, A., Silva, P., Turrall, H., Upadhyaya, A., Zwart, S.**, 2007. Pathways for increasing agricultural water productivity. In: Molden, D.J. (Ed.), *Water for Food, Water for Life: The Comprehensive Assessment*. Earthscan, London, and IWMI, Sri Lanka.
- [9] **Zwart, S.r, J., Bastiaanssen, G. M.**, (2007). SEBAL for detecting spatial variation of water productivity and scope for improvement in eight irrigated wheat systems. *Journal of Agricultural Water Management* 89 (2007) 287-296.